

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR DA FORÇA AÉREA

2007/2008



TII

DOCUMENTO DE TRABALHO

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DA FORÇA AÉREA PORTUGUESA.

**SISTEMAS INTELIGENTES DE GESTÃO DE
ENERGIA**

**PAULO JORGE DE SÁ CARVALHO
CAPITÃO**



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

SISTEMAS INTELIGENTES DE GESTÃO DE ENERGIA

CAP/TMMA Paulo Jorge de Sá Carvalho

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2007/2008

Lisboa 2008



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

SISTEMAS INTELIGENTES DE GESTÃO DE ENERGIA

CAP/TMMA Paulo Jorge de Sá Carvalho

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2007/2008

Orientador: TCOR/ENGEL Nolasco Martins

Lisboa 2008

Agradecimentos

Agradeço, ao Tcor/ENGEL Nolasco Martins pela excelente orientação, ao Tcor/ENGEL Jacob pelo apoio prestado e ao pessoal da Força Aérea colocada no IESM pela disponibilidade total.

Um agradecimento muito especial à minha esposa ANA SOFIA, pelo apoio e confiança que me transmitiu, à minha filha ANA RITA e ao meu filho RICARDO pelo tempo que lhes retirei, e que não poderei repor.

Índice

| | |
|--|---------|
| Introdução | 1 |
| Justificação | 1 |
| Delimitação do Estudo | 1 |
| Objectivos da Investigação | 1 |
| Objectivo Geral | 1 |
| Objectivos Específicos | 2 |
| Base Conceptual | 2 |
| Questão de Investigação | 2 |
| Organização e Conteúdo do Trabalho de Investigação | 3 |
| 1. Problemática do Consumo Eficiente da Energia | 4 |
| a. A Energia na Europa..... | 4 |
| b. Situação Portuguesa..... | 5 |
| 2. Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia | 9 |
| 3. Análise da Situação Energética e Modelo Conceptual para a Força Aérea..... | 13 |
| a. Análise da Situação Energética na Força Aérea e Complexo de Alfragide | 13 |
| b. Verificação das Hipóteses | 17 |
| c. Um Modelo Conceptual para a Força Aérea | 18 |
| Conclusões..... | 24 |
| Recomendações | 28 |
| Bibliografia..... | 30 |
| Anexos | A1 a H1 |

Resumo

Este trabalho de investigação tem como tema “Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia”, nele é abordado, de uma forma geral, a problemática da utilização eficiente da energia e de uma forma mais restrita como é que um Sistema deste género, pode contribuir para um melhor desempenho energético.

Na introdução, são abordados os problemas da energia, a justificação deste trabalho e sua delimitação, assim como os objectivos a atingir e principalmente são apresentadas a questão principal e a questão derivada.

O desenvolvimento foi realizado durante três capítulos. No primeiro é apresentado a forma como, quer na Europa, quer em Portugal se consome a energia nas suas diversos tipos e como tem variado ao longo dos últimos anos. São também apresentadas, as políticas e legislação que estão a ser seguidas, no sentido de se conseguir diminuições significativas nas emissões poluentes.

O capítulo seguinte, trata do Sistema Inteligente de Gestão de Energia propriamente dito, quais os seus objectivos, vantagens e desvantagens, de como deve ser pensado e como integra os vários componentes. São também apresentados os diversos tipos de sistemas que existem hoje em dia.

No quarto capítulo são trabalhados os assuntos relacionados com a Força Aérea, primeiro é apresentado um estudo dos consumos de energia, quer consumos totais da Força Aérea, quer no complexo de edifício de Alfragide, no sentido de perceber qual a evolução que tem ocorrido. Numa segunda parte, e como resultado dos assuntos tratados anteriormente, é apresentado um modelo conceptual para implantação na Força Aérea, quais as principais fases e como deve ser implantado.

O trabalho de investigação termina, com uma conclusão onde é realizada um resumo de toda a investigação e onde são apresentadas algumas conclusões, contributos para o conhecimento e recomendações para a sua implantação na Força Aérea.

Abstract

This is a research work on the subject “Intelligent Systems of Energy Management” and, in general terms, it deals with the problem of using the energy in an efficient way, and in particular how this kind of system can contribute to a better energetic performance.

The introduction addresses the energy problems, the justification for this work and its delimitation, as well as its objectives and, especially, the central question and the derivative question.

This work was developed in three chapters. The first one addresses the way the different types of energy are consumed, both in Portugal and in Europe, and how it has changed over the last few years. It also addresses the policies and legislation which are being followed so as to achieve significant reductions of pollutant emissions.

The next chapter is about the Intelligent System of Energy Management itself, its objectives, advantages and disadvantages, how it should be thought out, and how it integrates the different components. It also addresses the different types of systems existing today.

The fourth chapter deals with the subjects related to the Air Force. First, it introduces a study of energy consumption, both total Air Force consumptions and the Air Force HQ building consumptions, in order to realize its evolution. Then, as a result of the subjects previously addressed, it introduces a conceptual model to be implemented in the Air Force, its main stages, and how it should be implemented.

This research work ends with a conclusion, which contains a summary of the entire research, as well as some conclusions, contributions for new knowledge and recommendations for its implementation in the Air Force.

Palavras-chave

Eficiência;

Desempenho energético;

Energia;

Gestão;

Lista de abreviaturas

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;

DL – Decreto-lei;

FAP – Força Aérea Portuguesa;

FER – Fontes de Energia Renováveis;

INESC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores;

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios;

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos edifícios;

SIGE – Sistema Inteligente de Gestão de Energia;

UE – União Europeia;

M_t – Milhões de toneladas.

Introdução

O consumo de energia tem tido um crescimento muito grande, resultado quer do crescimento económico de alguns países, quer da melhoria de condições de vidas nos países desenvolvidos.

Tendo em conta que as principais fontes de energia são de origem fóssil, e que a sua utilização tem uma influência negativa sobre o ambiente, tem-se vindo a criar uma consciência colectiva, no sentido de inverter o processo de aumento de consumo de combustível de origem fóssil. Para tal têm sido escolhidos dois caminhos. O primeiro é o desenvolvimento de energia provida de Fontes de Energia Renováveis (FER), o segundo é a diminuição de consumos de energia e este só pode ser efectivamente conseguido, através de uma gestão mais eficiente dos consumos, sendo que a melhor forma é a implantação de Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia (SIGE).

Justificação

Sendo que a melhor solução para se conseguir um consumo mais eficiente de energia é a utilização de SIGE, considera-se relevante estudar a possibilidade de implantação desta tecnologia na Força Aérea, de forma a melhorar a eficiência dos consumos de energia, conseguindo assim benefícios, quer financeiros, quer ambientais.

Delimitação do Estudo

Tendo em conta que este trabalho de investigação poderia ter uma abrangência elevadíssima, houve necessidade de o delimitar. Assim, ele irá centrar-se na apresentação das diversas possibilidades existentes e nos benefícios daí resultantes, mas apenas nas áreas de climatização/conforto e iluminação de edifícios da Força Aérea.

Objectivos da Investigação

Objectivo Geral

Pretende-se com este trabalho de investigação, analisar a forma como os “Sistemas de Gestão Inteligente de Energia”, podem contribuir para uma melhor eficiência no consumo de energia na Força Aérea.

Objectivos Específicos

Os objectivos específicos que se pretendem alcançar são, a definição conceptual da estrutura organizacional e respectivas funcionalidades:

- Apresentar quais as soluções existentes, actualmente, de Sistemas Inteligentes de Gestão de energia;
- Estudar a possibilidade de implantação de Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia, na Força Aérea;
- Identificar os benefícios energéticos alcançáveis, com a implantação de um Sistema Inteligente de Gestão de Energia.

Base Conceptual

Ao longo deste trabalho de investigação, serão apresentados diversos conceitos associados à energia, que possibilitarão aos leitores uma melhor compreensão da função “Sistemas Inteligente de Gestão de Energia”. Esses conceitos serão:

- Integração: Agrupar um conjunto alargado de componentes ou sistemas de gestão de energia, que se encontram separados;
- Eficiência energética: Consiste em utilizar menos energia para obter a mesma quantidade de valor energético, ou seja otimizar o uso das fontes de energia;
- Gestão energética: Acção autónoma de administrar e ou gerir o consumo de energia;
- Controlo centralizado: Acto de seguir/controlar o funcionamento dos vários componentes ou sistemas num ponto único;
- Benefícios energéticos: Diferencial financeiro entre o consumo realizado com sistemas actuais e um SIGE;

Questão de Investigação

Na Força Aérea, apesar de já existirem muitas preocupações na área da poupança de energia, não se conhece a existência de qualquer SIGE, em nenhuma infra-estrutura.

Para conseguir compreender, o que é um SIGE, quais os seus benefícios e dificuldades da sua instalação e utilização, e principalmente para perceber como a Força

Aérea deve orientar a sua política para o consumo eficiente de energia, contribuíram para definir a seguinte questão de partida, que orienta este trabalho de investigação:

“Será rentável a instalação de Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia na Força Aérea?”

Decorrente desta questão, e dos diversos factores que intervêm na instalação e controlo de um SIGE, surge uma questão derivada:

“Qual a melhor estrutura organizacional para controlar a implantação e gerir um SIGE?”

Para tentar encontrar resposta à questão principal que orienta este trabalho de investigação, bem como para a questão derivada, são apresentadas três hipóteses:

- O consumo de energia nas infra-estruturas da Força Aérea, não tem um controlo centralizado;
- A energia eléctrica nas infra-estruturas da Força Aérea é consumida de forma pouco eficiente;
- A utilização de um SIGE, pode reduzir os consumos energéticos nas infra-estruturas da Força Aérea, tornando-o mais eficiente.

Organização e Conteúdo do Trabalho de Investigação

Este trabalho de investigação assentou na técnica de investigação de Quivy e Campenhoudt. Para tal a sua organização tem uma sequência que permitirá responder às questões principal e derivada. É composto por cinco capítulos, sendo que o primeiro é uma pequena introdução onde é definido o tema, feita a sua limitação e apresentadas as questões atrás referidas.

No segundo capítulo é abordado a problemática do consumo de energia, quer na Europa, quer em Portugal e quais as medidas legislativas que têm sido tomadas para melhorar a eficiência energética. No capítulo seguinte, é apresentado o que existe em termos de tecnologia de SIGE, quais os princípios de funcionamento, vantagens e desvantagens.

No quarto capítulo desenvolvemos um modelo conceptual de SIGE, para a Força Aérea, que inclui o respectivo programa de implantação e indica os princípios a respeitar.

No último capítulo elabora-se um resumo de todo o trabalho desenvolvido, tecem-se as adequadas conclusões e apontam-se recomendações para a sua implantação na Força Aérea.

1. Problemática do Consumo Eficiente da Energia

a. A Energia na Europa

A necessidade de energia no mundo tem como é do conhecimento geral, vindo a aumentar, fruto de vários factores, mas que estão sempre relacionados por um lado, com o crescimento na industrialização de alguns países, nomeadamente, China e Índia, e por outro lado, com uma maior procura de bens por parte de um número de pessoas cada vez maior. Como resultado desta maior procura de energia e da instabilidade política e ou militar, que se vive em algumas zonas do globo, os combustíveis fósseis têm vindo a aumentar significativamente de preço.

A somar ao problema referido mas não menos preocupante, têm aumentado as alterações ambientais, resultado em grande parte, devido à combustão e emissão de produtos tóxicos.

Na União Europeia (UE), o consumo de energia entre 1995 e 2010 aumentará. 15%. Este aumento será devido ao aumento do consumo doméstico, à mobilidade e aos transportes: aumento de 30% de utilização de veículos de passageiros, 50% de aumento no transporte de mercadorias¹.

Legislação e medidas na Europa

Para se conseguir uma diminuição efectiva nos consumos de combustíveis fósseis, é necessário actuar em duas frentes. Por um lado temos de investir no desenvolvimento de energias alternativas, provenientes de FER, por outro temos de consumir menos energia, ou melhor, consumir com maior eficiência a energia disponível.

Neste sentido e para diminuir quer a dependência dos combustíveis fósseis, quer o problema ambiental, a UE tem ao longo do tempo, criado legislação e desenvolvido diversas acções das quais se destaca a ratificação do Protocolo de Quioto.

No entanto a UE, não se ficou por este protocolo e no que diz respeito à eficiência energética a comissão, apresentou recentemente, em Outubro de 2006 ao Conselho Europeu uma proposta de acção para a Eficiência Energética, com políticas e medidas para intensificar o processo

¹ European Environment Agency

de redução do consumo de produtos fósseis, sendo o objectivo principal conseguir reduções na emissão de gases com efeito de estufa em 20% até 2020, em relação a valores de 1990, diminuindo assim as emissões de CO₂ em 780 Milhões de toneladas (Mt), o que representa mais do dobro do previsto até 2012. Com esta diminuição procura-se limitar o aumento da temperatura da terra em dois graus centígrados. Esta alteração, apesar dos consideráveis investimentos, permitirá poupar, estima-se, um valor que ultrapasse os 100 mil milhões de Euros.²

A proposta referida, anteriormente, foi aprovada no Conselho Europeu da Primavera que se realizou em oito e nove de Março de 2007, como o plano intitulado “Uma política energética para a Europa” e assenta em quatro pilares essenciais:

- Um mercado de energia funcional;
- Passagem a uma economia de baixo carbono;
- Aumento da eficiência energética;
- Nova abordagem nas relações com países terceiros.³

Para que o terceiro pilar seja cumprido, foram identificadas várias acções prioritárias, das quais as mais relevantes para o nosso estudo são:

- Requisitos de desempenho para os edifícios – edifícios de muito baixo custo (“casas passivas”);
- Tornar mais eficiente a produção e distribuição de energia;
- Aumentar a sensibilização para a eficiência energética;
- Eficiência energética em zonas urbanizadas.⁴

Com este plano, espera-se que os 27 países da UE criem medidas internas no sentido de atingir estas metas o mais rapidamente possível.

b. Situação Portuguesa

Necessidades energéticas em Portugal

Portugal é um país com poucos recursos fósseis (petróleo, carvão e gás), e uma dependência energética do exterior demasiado elevada, tendo

² Direcção Geral de Energia e Geologia – UE – Eficiência energética

³ Direcção Geral de Energia e Geologia – UE – Estratégia Europeia para a Energia

⁴ Direcção Geral de Energia e Geologia – UE – Eficiência energética

sido esta de 87.2% em 2005⁵, valor este que é resultado do aumento de consumo que tem acontecido ao longo dos últimos anos. No gráfico (Evolução do consumo de energia primária em Portugal) existente no Anexo E, visualizamos essa evolução no período compreendido entre 1996 e 2005.

Deste gráfico podem-se retirar várias ilações:

- As necessidades de energia primária, em Portugal têm vindo a crescer, situando-se em 6.8% o crescimento entre 2000 e 2005;
- O petróleo é o combustível mais utilizado, representando 58.7% do total dos consumos;
- O consumo de gás natural tem vindo a crescer, estando em 2005, muito próximo dos 14%, do total do consumo em energia primária;
- O contributo das energias renováveis tem vindo a aumentar, sendo da ordem dos 13% em 2005.

Como a taxa de crescimento, de produção de energia a partir de FER tem vindo a aumentar, importa perceber melhor, como está repartida a sua produção.

Produção de energia pelas a partir de Fontes de Energia Renováveis

A energia mais produzida, através das FER, é a energia eléctrica. A sua produção ainda é pequena. No entanto, com a introdução de novas regras/incentivos a intenção é continuar o seu crescimento. Em 2005, a energia eléctrica produzida a partir de FER era a patente no gráfico (Energia eléctrica produzida a partir de FER) do Anexo E

Como se pode ver a energia hídrica e a energia eólica são as mais utilizadas. A hídrica é a FER com maior peso, apesar de só utilizarmos 46% do potencial disponível. Espera-se aumentar a capacidade hídrica para 5.575MW em 2010 e 7000MW em 2020, atingindo assim os 70% do potencial disponível⁶.

A energia eólica tem vindo a crescer, e teve um crescimento de 95% e 56% respectivamente nos anos de 2005 e de 2006.⁷

⁵ Direcção Geral de Energia e Geologia – Caracterização energética Nacional

⁶ Direcção Geral de Energia e Geologia – Caracterização energética Nacional

⁷ Ministério da Economia e Inovação – Política Energética

Consumos por sector

Para perceber melhor onde se podem, e devem, introduzir alterações nos hábitos/forma de consumos para se melhorar a eficiência energética, temos de conhecer muito bem como estão distribuídos os consumos por sector de actividade. Para isso apresenta-se no gráfico (Consumo de energia por sector em 2005) do Anexo E, os consumos de energia por sector de actividade em Portugal:

Como se pode ver, no ano de 2005, o sector da indústria foi o de maior peso (35,4%), seguindo-se o dos transportes (28,4%) e o doméstico (16,5%)⁸.

Crescimento de consumo nos diversos sectores

Um outro aspecto que se tem de verificar é, como se tem processado a tendência de consumo nos diversos sectores de actividade nos últimos anos.

Assim, verifica-se que existem dois grandes grupos. Um grupo, em que a taxa de crescimento aumentou, nomeadamente nos sectores dos transportes resultado, quer da taxa de motorização, quer do aumento do número de veículos, quer ainda pela mobilidade das pessoas. Nos sectores doméstico e serviços, o aumento terá sido resultado da melhoria das condições de conforto da população em geral.

Um grupo, em que a tendência tem sido de diminuição, é o sector industrial. Neste, esta tendência deve-se ao resultado de uma maior actuação na área da eficiência energética das instalações e processos, já existente em muitas empresas⁹.

Legislação e medidas em Portugal

Situação actual

Avaliados que estão os vários aspectos da situação energética em Portugal, vamos agora apresentar a legislação existente e as medidas que

⁸ Direcção Geral de Energia e Geologia – Caracterização energética Nacional

⁹ Direcção Geral de Energia e Geologia – Caracterização energética Nacional

têm sido tomadas para conseguir inverter as tendências crescentes, quer do consumo de energia, quer da dependência de energia do exterior.

Como Portugal é um país da UE, participa na elaboração e tem de cumprir a legislação europeia, pelo que o Governo estabeleceu, no seu programa inicial, e cumpriu até 2006, muitas medidas em diversas áreas, nomeadamente, das áreas das energias renováveis, da energia termoeléctrica, dos transportes, das instalações, etc.

No entanto, as que mais nos interessam para este trabalho de investigação são as relacionadas com eficiência energética. Neste ponto, as medidas aprovadas e que são mais relevantes, são a aprovação de um novo Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), através do Decreto-lei (DL) 79/2006 de quatro de Abril e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), através do DL 80/2006 de quatro de Abril. Estes regulamentos são 40% mais exigentes em termos de eficiência energética e ainda, tornam obrigatória a instalação de painéis solares, ou equivalente, nos novos edifícios.

Foi, aprovado o DL 78/2006 de quatro de Abril, que criou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. Esta legislação obriga, a que todos os edifícios tenham um certificado do consumo energético com informação sobre o consumo do edifício e as medidas para a sua redução.

Foi, ainda aprovada, diversa legislação, que regulamenta a eficiência de equipamentos eléctricos, a emissão de gases, etc....

Situação futura

Para o futuro, o grande objectivo é conseguir diminuir 10% do consumo energético até 2015¹⁰. Para tal, Portugal pretende continuar o incremento da produção de energia resultante de FER, fazer alterações na produção termoeléctrica, e aumentar a eficiência energética aos vários níveis, industrial, automóvel, geração de energia, etc.

¹⁰ Ministério da Economia e da Inovação

2. Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia

O que é um SIGE?

Trata-se, essencialmente, de um sistema que é concebido e construído de forma a gerir eficientemente vários sistemas, permitindo poupanças energéticas, mas continuando a oferecer as condições adequadas de conforto e luminosidade a cada elemento separadamente.¹¹

Resenha histórica

Desde a pré-história que o homem procura abrigos para ter uma vida mais confortável. Com o avanço tecnológico, estes abrigos foram-se tornando cada vez mais complexos e importantes. Hoje em dia são, muito elaborados e essenciais tanto para a vida familiar, como para a comercial, industrial, etc.

Na década de 70, com o aparecimento de microprocessadores começou, verdadeiramente, o controlo centralizado na supervisão de equipamentos.

Com a crise petrolífera, no final dos anos 70 e com as necessidades das pessoas (conforto, segurança, etc.) a aumentarem, apareceram, nos anos 80, os sistemas de controlo integrado. Estes sistemas conseguem, para além de controlar, supervisionar e coordenar todos os sistemas existentes.

Hoje em dia, quer pelo número de sistemas, quer pela sua complexidade, utiliza-se o controlo integrado hierárquico, que permite que os diversos sistemas funcionem autonomamente, estando no entanto ligados a uma unidade ou rede de supervisão global.

Vantagens e desvantagens da integração

Embora a Força Aérea, não seja uma organização com fins lucrativos, os recursos financeiros existentes, são cada vez menores, pelo que a redução de despesa e ou custos é essencial. Neste contexto é extremamente relevante a utilização de meios que permitam reduzir os consumos energéticos e mais especificamente o da energia eléctrica; o SIGE é um desses meios.

Estes sistemas apesar de possuírem muitas vantagens, também têm desvantagens. Como vantagens mais relevantes, de um sistema deste género, poderemos apontar as seguintes:

¹¹ É comum que duas pessoas submetidas às mesmas condições de climatização, uma tenha frio e outra calor

- Cria ou aumenta a interacção entre os vários sistemas existentes;
- Realiza acções coordenadas;
- Realiza acções mais rapidamente;
- Permite que as decisões possam ser correlacionadas e logo optimizadas;
- O acesso a todo o sistema pode ser realizado apenas num ponto, o que torna o sistema mais flexível e eficiente;
- Aumenta a produtividade, pois as condições de trabalho estão, sempre mais adequadas à realização das tarefas;
- As acções de manutenção são simplificadas, pois o controlo é centralizado;
- Permite uma maior eficiência no aproveitamento dos recursos existentes.

Como principais desvantagens, podemos apontar as seguintes:

- Possibilidade de subaproveitamento de características específicas de alguns sistemas (deficiências no processo de integração);
- Problemas de inter operacionalidade entre sistemas, principalmente em sistemas que não são construídos na sua totalidade pelo mesmo fabricante, e que são adaptados e interligados posteriormente;
- Existência de obstáculos legislativos (em alguns países os sistemas de detecção são independentes e isolados).

Análise de soluções actuais

Como já foi referido, hoje em dia, a solução utilizada é a de controlo integrado hierárquico. Existem vários modelos, de sistemas deste tipo, dos quais se destacam os seguintes:

- Sistema METASYS da Johnson Controls;
- Sistema APPELNET da Appel;
- Sistema DELTA XO PLUS da Honeywell;
- Sistema SEIS do INESC¹²;

Sistema Metasys

No sistema METASYS, cada área de intervenção (subsistema), funciona de forma autónoma e independente das outras. Cada subsistema tem um equipamento de controlo e gestão e um conjunto de equipamentos

¹² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores;

para funções específicas utilizando para tal sensores e actuadores. Existe depois uma rede, à qual estão ligados todos os subsistemas e que permitem a comunicação entre eles, e que dá suporte às funções de integração.¹³

Sistema AppelNet

O sistema APPELNET é idêntico ao anterior, no entanto os vários subsistemas controlam áreas idênticas, ou seja todos os subsistemas controlam Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e iluminação de uma determinada área do edifício. Este tipo de tecnologia é muito utilizado em conjuntos de grandes edifícios que são controlados separadamente. Tal como no anterior, existe uma rede de interligação que permite a integração.¹⁴

Sistema Delta Xo Plus

No sistema DELTA XO PLUS, os subsistemas resumem-se às funções de AVAC ou iluminação, separadamente, tal como no METASYS. No entanto a interligação é feita não por uma rede, mas sim por um computador central de grande capacidade.¹⁵

Sistema Seis

O sistema SEIS é semelhante ao sistema APPELNET, com a ressalva que no primeiro existe um computador central que faz a supervisão/integração de todas os subsistemas.¹⁶

Principais problemas da integração

Para que se consiga retirar um rendimento mais elevado de um SIGE, torna-se necessário, para além de possuir todo o sistema ou seja o conjunto de “hardware” e “software” dos vários subsistemas, resolver três tipos de problemas:

- Conseguir a sua interligação: Para se conseguir uma interligação, hoje em dia, a solução mais utilizada é a da cablagem estruturada, que permite a existência de múltiplas redes no interior de um edifício.

¹³ Esquema no Anexo A

¹⁴ Esquema no Anexo B

¹⁵ Esquema no Anexo C

¹⁶ Esquema no Anexo D

- Certificar que, todos os equipamentos do sistema são capazes de dialogar: Para dois ou mais equipamentos poderem dialogar entre si, necessitam de utilizar o mesmo protocolo ou, então, ter-se-à de recorrer a um terceiro equipamento que sirva de “interface” entre eles.
- Certificar que a suas funções são complementares e não concorrentes: Dois ou mais equipamentos só se podem considerar em inter operação se interactuarem e cooperarem entre si. Para tal não basta que troquem mensagens, é necessário que compreendam o seu significado. Assim as mensagens têm de ser bem definidas, quer em formato, quer em conteúdo, quer em significado semântico, para que os todos os sistemas as possam compreender e actuar apropriadamente. Este processo, para além de moroso, é extremamente complexo e susceptível de gerar conflitos entre os intervenientes.

Poupanças com a utilização de um SIGE

De acordo com estudos realizados pela associação KNX¹⁷, podem existir poupanças, na ordem dos 50%, quer em iluminação, quer em aquecimento com a utilização de SIGE.

Para a iluminação, o intervalo de tempo do teste foi de 35 dias, e conforme mostra o gráfico (Comparação de consumos de energia, em iluminação, entre os dois sistemas) do Anexo F, e a poupança foi da ordem dos 50%. O teste foi realizado em duas salas idênticas, uma com a instalação normal e outra com um SIGE, durante o mês de Outubro de 2006¹⁸.

Em relação à temperatura foi também realizado um teste idêntico, mas com a duração de três anos, e verificou-se que também se atingem valores da ordem dos 50% de poupança com a utilização de um SIGE, conforme se mostra no gráfico (Comparação de consumos de energia, em aquecimento, entre os dois sistemas) do Anexo F.¹⁹

Das investigações apresentadas anteriormente pode-se concluir que o retorno, é idêntico quer em iluminação quer em AVAC.

¹⁷ Associação internacional entre varias associações nacionais

¹⁸ KNX Journal1-2007

¹⁹ KNX Journal1-2007

Em Portugal já existem infra-estruturas completamente equipadas com SIGE, nomeadamente o Hospital Privado da Boavista no Porto e o Hospital Privado das Lusíadas em Lisboa. No entanto a comparação entre os consumos actuais (utilização de SIGE) e consumos anteriores é impossível de fazer pois, as infra-estruturas foram construídas de raiz com SIGE.

Possibilidade de implantação em infra-estruturas da Força Aérea

De acordo com a entrevista, realizada ao Sr. Engenheiro João Lagoas²⁰, um SIGE pode ser implementado em todo o tipo de infra-estruturas, sendo no entanto, mais fácil de implantar e mais rápido de rentabilizar se for pensado de uma forma integrada, entre os seus sistemas e com outros sistemas do edifício, desde a realização do projecto inicial.

Caso a opção seja a introdução de um SIGE numa infra-estrutura já existente, poderão surgir problemas, nomeadamente os já referidos nas alíneas anteriores.

3. Análise da Situação Energética e Modelo Conceptual para a Força Aérea

a. Análise da Situação Energética na Força Aérea e Complexo de Alfragide

Tendo sido até ao momento, analisada a situação em termos de energia na Europa e em Portugal, quer em termos de actualidade quer em termos de futuro, vamos agora analisar o que se passa na Força Aérea, em termos de gestão de energia, e principalmente, se a solução actualmente existente consegue responder à pergunta de partida.

A Força Aérea é uma organização, que compreende dois grandes tipos de infra-estruturas. O primeiro (administrativas) tem ocupação/tipo de utilização constante ao longo do tempo e o seu consumo pode-se considerar uniforme ao longo do tempo. O outro tipo operacional, cuja ocupação/tipo de utilização está dependente de vários factores, nomeadamente da operação dos meios que lhe estão atribuídos, da prontidão destes, da participação em exercícios ou missões operacionais, etc. Assim, para melhor percebermos o consumo de energia na Força

²⁰ Responsável técnico da zona sul da firma HAGER

Aérea, vamos apresentar dados²¹ divididos em dois grupos, um relativo à Força Aérea na sua totalidade e outro relativo ao complexo dos edifícios de Alfragide. Esta separação tem a ver com o perfil de consumos, pois com os dados de consumo total da Força Aérea torna-se difícil correlacionar, quaisquer alterações de consumos as respectivas áreas/unidades/infra-estruturas. No entanto, se observarmos os consumos de apenas uma determinada unidade (que se tenha mantido, por hipótese, inalterada em termos de estrutura e de utilização), ao longo do tempo, conseguimos identificar e medir a tendência de evolução do respectivo consumo energético.

Consumos de energia eléctrica na Força Aérea

Vamos analisar os consumos históricos entre os anos de 2000 e de 2006, no que diz respeito ao valor de Euros dispendidos com a energia eléctrica.

Como se pode verificar no gráfico (Consumos de electricidade, em Euros, na Força Aérea) do Anexo G, houve um aumento do consumo, de 25,5% entre os anos de 2000 e de 2006.

As variações nas diversas unidades, à excepção da Unidade em Porto Santo²² têm a ver com vários factores:

- Melhoria das condições de trabalho em termos de iluminação;
- Aumento de equipamentos eléctricos de apoio, às diversas áreas;
- Condições meteorológicas que aumentem a necessidade de AVAC (frio ou calor), ou de iluminação (menos luminosidade).

Há ainda que fazer a comparação entre a variação do valor dispendido no pagamento da energia eléctrica e o orçamento anual da Força Aérea. Sabendo que o aumento do consumo de energia eléctrica, em Euros, foi de 25.5% e que a variação do orçamento da Força Aérea, a preços correntes, foi de 18%²³, constata-se ter havido um aumento relativo do valor dispendido na energia eléctrica entre os anos de 2000 e 2006.

²¹ Apenas referentes a energia eléctrica, pois o estudo está limitado apenas a climatização/conforto e iluminação.

²² Nesta Unidade começou-se, no ano de 2006, a pagar toda a electricidade e não apenas a exterior ao aeroporto, o que provocou um aumento de 1921% em relação ao ano anterior;

²³ Dados fornecidos pela Direcção de Finanças da Força Aérea

Considerando estas tendências de evolução dos consumos e orçamentos e que o valor dispendido na energia eléctrica representa já 1.15% do orçamento anual, pode concluir-se que este assunto deverá estar num patamar elevado das preocupações dos gestores desta área.

Consumos de energia eléctrica no complexo de edifícios de Alfragide

Em Alfragide existe um complexo constituído por três edifícios, com diversas áreas, sendo as mais relevantes:

- Gabinetes de trabalho individual;
- Salas de reuniões;
- Salas de trabalho colectivo;
- Messes para servir refeições;
- Área de estar/bar;
- Salas de utilização diversa.

Os sistemas consumidores de energia eléctrica neste complexo são essencialmente iluminação, AVAC e alimentação de equipamentos de apoio (material informático, apoio de bar, material de secretariado, etc.).

O consumo neste complexo de edifícios teve uma variação, algo diferente do da Força Aérea, como se pode verificar no gráfico (Consumos de electricidade, em Euros, no complexo de edifícios de Alfragide) do Anexo G. Houveram dois decréscimos, um entre os anos de 2000 e 2001 e outro entre os anos de 2002 e 2004, resultado de algumas alterações realizadas nesta infra-estrutura e que serão objecto do ponto seguinte.

Medidas de optimização já implementadas na Força Aérea

Após termos apresentado que se passa em termos de consumo de energia eléctrica, há que conhecer qual a política actual de gestão de energia na Força Aérea.

Apesar de existir um incremento dos consumos totais na Força Aérea, isto não implica que não haja uma preocupação e uma política de gestão eficiente da energia. De acordo com os elementos recolhidos junto da chefia da Repartição de Electricidade de Terra da Direcção de Electrotecnia, nos últimos anos têm-se vindo a realizar alterações, nas diversas infra-

estruturas existentes, no sentido de conseguir efectuar consumos mais eficientes de energia, quer em termos do gasto efectivo de energia (medido em kWh), mas também em termos financeiros. Dessas podem-se evidenciar as seguintes:

- Revisão dos tarifários de energia eléctrica, considerando o peso significativo que representa o conjunto das instalações da Força Aérea para o distribuidor EDP, que se ajustam mais aos perfis de consumo existentes;
- Diminuição em dois terços, do número de armaduras de iluminação no complexo de edifícios de Alfragide, realizado entre 2000 e 2001 e entre 2002 e 2004, que resultou na diminuição apresentada;
- Alteração de armaduras de iluminação em hangares de manutenção, oficinas e armazéns;
- Utilização de balastros electrónicos em armaduras de iluminação fluorescente, quer em edifícios novos quer em remodelações de instalações;
- Substituição da utilização de gasóleo em centrais térmicas por gás (natural e propano);
- Instalação da possibilidade de controlo de período de funcionamento, da iluminação pública de algumas Unidades;
- Substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão;
- Instalação de central foto voltaica no Campo de Tiro de Alcochete, com sete kVA de potência;
- Utilização de energia eléctrica durante o período de vazio, para criar bancos de gelo que servem para AVAC diurno, no complexo de edifícios de Alfragide, reduzindo assim os consumos em horas de ponta;
- Possibilidade de em cada sala se escolher a temperatura, pois tendo em conta a sua orientação as necessidades de AVAC variam de sala para sala²⁴;
- Controlo atento das facturas de electricidade, no que diz respeito à energia reactiva;

²⁴ Uma sala com orientação Sul, necessita de menos calor que uma sala com orientação Norte.

- Colocação de um contador para controlo de consumos em cada novo projecto realizado, bem como nas infra-estruturas remodeladas.

Estas medidas colocam, desde já, a Força Aérea, no grupo de organizações com preocupações na área da gestão energética e ou ambientais e, para além disso, evitam efectivamente valores de crescimento de consumo bastante piores que os actuais.

b. Verificação das Hipóteses

Partindo da análise dos resultados apresentados e apesar de se ter já realizado um conjunto de alterações, que permitiram diminuir os consumos, algumas considerações tem de ser feitas, nomeadamente a inexistência de um sistema de controlo que permita compreender a tipologia dos consumos, de cada infra-estrutura de forma a poder actuar de acordo com as necessidades de cada caso.

Assim, em relação à primeira hipótese (O consumo de energia nas infra-estruturas da Força Aérea não têm controlo centralizado), que foi formulada neste trabalho de investigação, pode-se afirmar que na Força Aérea não existe um registo de consumos, não existindo assim um quadro detalhado das mesmas por infra-estrutura, por período, por sala, etc. que permita realizar qualquer controlo de consumos, ou seja conseguimos testar e validar esta hipótese.

A obtenção de dados poderia ser utilizada para conseguir compreender a existência e a localização, de desperdício de energia, possibilitando, assim, a implementação de uma política mais adequada a cada caso, ou seja, validamos a segunda hipótese (A energia eléctrica nas infra-estruturas da Força Aérea é consumida de forma pouco eficiente).

Para uma melhor detecção e localização de desperdícios, assim como para uma solução mais eficiente, no que diz respeito à gestão energética, hoje em dia o SIGE é reconhecida como a melhor solução. Esta solução, segundo estudos apresentados no capítulo dois, permite reduções na ordem dos 50%, quer em iluminação (teste efectuado num período de cerca de 35 dias), quer em aquecimento (teste efectuado num período de três anos), pelo que se consegue validar a terceira hipótese (A utilização de um SIGE, pode reduzir os consumos

energéticos nas infra-estruturas, tornando-as mais eficientes). Com a implementação de um SIGE, consegue-se não só controlar os consumos, mas principalmente eliminar os vários desperdícios existentes, através da integração de diversos componentes, que controlam presenças, luminosidades, temperaturas, ventilação, etc.

Julga-se, assim, que após termos discutido e comprovado as hipóteses apresentadas, consegue-se responder afirmativamente à questão de partida deste trabalho de investigação, ou seja, **Há vantagens na instalação de Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia na Força Aérea**, permitindo assim a diminuição de consumo de energia eléctrica e dos respectivos custos financeiros, ou seja uma gestão muito mais eficiente deste recurso.

c. Um Modelo Conceptual para a Força Aérea

Pretende-se neste sub capítulo apresentar a melhor forma de se implantar e controlar um SIGE na Força Aérea. Partindo do pressuposto que opções isoladas, têm um efeito muito menor que acções concertadas, deve-se entender que a problemática da eficiência energética não passa só pela instalação de um SIGE, mas sim, da sua integração num projecto muito mais vasto, e onde devem ter peso áreas como o projecto da infra-estrutura, a utilização de energias renováveis, a substituição de equipamentos de utilização geral por outros mais económicos, etc.

Neste sentido, e sabendo que os orçamentos, sempre muito reduzidos, tem como prioridade sustentar os sistemas existentes e resolver as situações mais urgentes e ou precárias, o nosso modelo conceptual assenta num principio base que deve estar sempre presente, o da **Melhoria Contínua**, que consiste no processo periódico de alteração, dos modos de gestão por forma a aumentar a eficiência evitando consumos desnecessários.

Fase do modelo conceptual

O modelo que se propõe comportará várias fases, de projecto e implantação, podendo ser esquematizado conforme esquema no Anexo H.

Como se pode verificar, trata-se de um ciclo que assenta na melhoria contínua compreendendo uma sequência de seis fases:

- Política energética;

- Planeamento;
- Plano de acção;
- Implantação e execução;
- Verificação e acção;
- Análise de gestão.

Política energética

A política energética deverá ser estabelecida pela gestão de topo, e definir as linhas orientadoras da organização nomeadamente os seguintes aspectos:

1. Objectivos e metas de desempenho energético;
2. Incentivar a melhoria contínua e a diminuição/eliminação de consumos desnecessários;
3. Objectivos de consumo de acordo com as actividades da área;
4. Estrutura, responsabilidades e autoridade da gestão de energia;
5. Comprometimento com o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis.

Considera-se ainda adequado que a implantação da política energética, na Força Aérea se estruture funcionalmente em dois níveis o da gestão e o da execução. Ao nível da gestão, estará o oficial gestor de energia da Força Aérea, que deverá estar colocado ao mais alto nível da organização. Ao nível da execução teremos os oficiais de Estado-maior que executarão os novos projectos, avaliações e gestão dos projectos já existentes, ao nível das Unidades estarão os oficiais de gestão de energia locais, que deverão ficar ligados à área da qualidade e ambiente;

A implantação de uma política energética eficiente dependerá ainda da observância dos seguintes requisitos:

- A estrutura de gestão deverá, comportar funções, responsabilidades e autoridade para:
 - Liderar a realização de planos de acção e a sua implantação;

- Efectuar controlo (monitorizar, comparar e elaborar relatórios) sobre o desempenho energético das infra-estruturas;
 - Impulsionar a melhoria contínua directamente ou através do envolvimento dos seus subordinados;
 - Relacionar-se com a área da qualidade e do ambiente, na realização de projectos.
- Todos os elementos técnicos envolvidos na definição e execução desta política deverão possuir formação adequada na área das suas responsabilidades.

Planeamento

O planeamento pretende priorizar as infra-estruturas que serão alvo da instalação de um SIGE. Por isso, deve-se começar por uma auditoria energética, no sentido de perceber qual a situação em que as infra-estruturas se encontram, em termos de consumos. Auditoria essa, que deve compreender diversos passos:

- Identificação de áreas ou actividades produtivas com níveis de consumo significativos;
- Determinação de indicadores adequados de consumo de energia;
- Recolha e análise de dados de consumo de energia.

Da análise destes factores pretende-se compreender se a optimização energética passa, obrigatoriamente por instalação de um SIGE com transformações profundas, ou se é possível alcançar um grau de eficiência energética considerado satisfatório apenas com medidas de correcção paralelas e presentes em todos os sistemas, cujo investimento não seja tão significativo. Estas medidas poderão ir desde a reparação das falhas e ou anomalias detectadas, até à substituição de equipamentos pouco eficientes passando pela sensibilização e formação do pessoal, pela elaboração de normas de operação, etc.

A etapa seguinte no planeamento é o estabelecimento de metas de desempenho energético. Estas deverão ter algumas características para

poderem ser atingíveis, nomeadamente: poder ser medidas, permitir que sejam comparadas dentro da organização e com organizações exteriores, ser consistentes com a política definida e serem datadas em relação à sua concretização.

A fase de planeamento deverá originar, quer a especificação de quais as infra-estruturas que irão ser alvo de intervenção mas sem a instalação de SIGE, quer as infra-estruturas nas quais se irá proceder à instalação do SIGE.

Plano de acção

Nesta fase pretende-se estabelecer um plano, para concretizar as metas dentro dos prazos estabelecidos. Assim, deverá começar-se por definir quais as acções necessárias da responsabilidade desta estrutura organizacional. Em cada acção haverá que incluir os meios e ou os recursos disponíveis e os prazos para a sua execução.

Para a escolha do SIGE adequado, será preciso conhecer e estudar as soluções existentes no mercado, para a infra-estrutura em causa (instalação total ou parcial, sendo que neste último caso deverá ser dada especial atenção às alterações necessárias e à integração de componentes e ou equipamentos existentes), e determinar qual a que oferece um melhor custo/benefício, melhor assistência técnica, menor tempo para recuperação de investimento, maior fiabilidade, etc.

Implantação e execução

Nesta fase pretende-se implantar e levar a efeito o plano de acção estabelecido anteriormente.

Na primeira etapa far-se-á a instalação física do sistema escolhido. Embora, tal possa parecer simples, se esta não for devidamente acompanhada e verificada, poder-nos-á trazer problemas elevadíssimos no futuro. Pretende-se, numa primeira etapa, verificar a devida instalação e testar todos os equipamentos e funcionalidades do sistema, de acordo com o contratado. Esta etapa será tão mais relevante, quanto maior for a integração com os equipamentos e ou componentes já existentes.

A segunda etapa actuará no sentido de fomentar a sensibilização sobre eficiência energética e consolidar capacidades. Para tal deverão ser realizadas actividades destinadas aos elementos da organização no sentido de os informar sobre a política energética e do efeito dos seus contributos para a melhoria do desempenho. Essas actividades consistirão em informação e formação (de acordo com o envolvimento), onde será focada a importância e as consequências que a actuação de cada elemento tem para os consumos de energia e para a eficiência energética da organização como um todo. A escolha de pessoal que irá frequentar a formação, deverá ser realizada de forma criteriosa, no sentido de os mesmos garantirem a permanência nas funções o tempo adequado à formação recebida.

Uma outra tarefa, muito relevante, nesta etapa é a comunicação interna. Ela revelar-se-á essencial para que toda a organização tenha conhecimento dos problemas existentes, das metas a atingir e, assim, possibilitar o envolvimento de todos no processo. A comunicação interna neste âmbito, só por si uma importante sub-política energética, poderá ser concretizada por diversos mecanismos nomeadamente através de folhetos ou boletins informativos, palestras, correio interno e externo, etc. As sugestões, são também uma forma de se evoluir e nunca deverão ser postas de parte, pois delas surgem frequentemente excelentes ideias.

Verificação e acção

Nesta fase, a acção dos elementos de toda a estrutura torna-se essencial pois haverá que monitorizar e medir consumos, detectar e prevenir falhas e realizar auditorias energéticas periódicas.

Análise da gestão

Esta fase deve ser executada pela gestão de topo, com a informação realizada e disponibilizada pela restante estrutura, em intervalos planeados, para assegurar que o SIGE é Adequado, Relevante e Eficiente, avaliando a oportunidade da melhoria do desempenho energético, alterando, se necessário, a política, as metas e as práticas.

Para que um SIGE seja uma mais valia é necessário que o ciclo se feche, significando tal que esta análise deverá originar recomendações relativas a desejáveis alterações da política, dos objectivos, das metas, etc. com o que teremos conseguido implantar um processo em permanente Melhoria Contínua.

Com o modelo conceptual de implantação de um SIGE, em infra-estruturas da Força Aérea, construído ao longo deste capítulo, julgamos ter respondido, de forma inequívoca, à questão derivada **“Qual a melhor estrutura para controlar a implementação e gerir um SIGE?”**, levantada no início deste trabalho de investigação.

Conclusões

O consumo de energia tem vindo a crescer, quer na Europa, quer em Portugal, situação que tem sido apontada como grande causadora de emissões poluentes e, que tem provocado significativas alterações climáticas. Este aumento de consumo, está relacionado com o elevado crescimento económico de alguns países e com a melhoria das condições de vida/trabalho, nomeadamente em iluminação e AVAC muito populares hoje em dia.

Actualmente, existe já uma cultura de preocupação ambiental no sentido de diminuir a quantidade de emissões. Esta cultura tem levado os governos a produzir legislação (europeia e nacional), no sentido de conseguir diminuir drasticamente, as emissões de poluentes, quer através da produção de energia recorrendo a FER, quer através de uma melhor eficiência na gestão.

Com o aparecimento desta nova cultura mais eficiente da utilização de energia, e com o desenvolvimento da tecnologia, criaram-se sistemas que permitem hoje em dia, melhorar, significativamente, a eficiência energética das infra-estruturas; os SIGE. Este tipo de sistemas, baseado na integração de diversos equipamentos e sensores, consegue reduções de consumo na ordem dos 50%, quer para iluminação, quer para aquecimento. Apesar de possuírem um elevado número de vantagens, estes sistemas têm também algumas desvantagens, principalmente quando não são instalados de origem ou na sua totalidade e têm de integrar componentes já existentes.

A Força Aérea, tal como a comunidade civil, tem tido um acréscimo de consumo de energia eléctrica. Para compreender esta evolução foi feita uma análise que se dividiu em dois tempos. O primeiro em que se analisaram os consumos totais da Força Aérea e se verificou um crescimento, o segundo em que se analisou um consumo parcial, o do complexo de edifícios de Alfragide, que permite identificar uma variação de consumo decorrente de medidas introduzidas, tendo-se até registado uma diminuição deste nos anos em que essas alterações tiveram lugar. As alterações referidas, fazem parte de um conjunto de medidas já realizadas pela Força Aérea, mas que sofrem de uma deficiência; têm tido um carácter isolado, não integrado numa política global.

Para que se consiga fazer uma implantação adequada de um SIGE, na Força Aérea, perspectiva-se adequado e recomenda-se a utilização de um modelo em seis fases, sendo cada uma delas constituída por diversas etapas. Durante todo o processo de implantação deve haver uma preocupação constante, a de respeitar o conceito base de Melhoria

Contínua, que consiste na alteração periódica, dos processos de gestão, permitindo assim o aumento da eficiência eliminando consumos desnecessários. A implantação deve-se iniciar com a definição da política energética da organização, onde se definirão os objectivos e metas para o desempenho energético. Em seguida deverá ser elaborado um planeamento, através da realização de uma auditoria energética às infra-estruturas em causa. Após o conhecimento da situação deverá ser pensado um plano de acção para a implantação do SIGE. A fase seguinte será a da implantação e execução, do plano de acção escolhido. As fases finais deste modelo são, a verificação e acção (onde se comprovará o funcionamento adequado do SIGE e se corrigem eventuais anomalias detectadas), e a fase de análise da gestão (onde são estudados os relatórios produzidos de forma a identificar pontos ou áreas passíveis de serem melhorados, ou seja procurar a Melhoria Contínua).

A necessidade de nos posicionarmos na liderança, no que diz respeito às boas práticas relativas ao uso eficiente de energia, aliada ao crescimento de consumos de energia eléctrica e à tendência decrescente dos orçamentos disponíveis, foi o “motor” do desenvolvimento deste trabalho de investigação, que permitiu alcançar as seguintes conclusões:

- Os consumos de energia têm vindo a aumentar, quer na Europa, quer em Portugal;
- Existe já, uma cultura de preocupação ambiental e que tem ditado o aparecimento de legislação que irá contribuir, quer para o aumento da produção e energia por FER, quer para o aumento da eficiência no consumo;
- Não existe, na Força Aérea, uma política energética definida, nem metas ou objectivos a atingir num determinado espaço de tempo;
- Têm existido por parte da Força Aérea acções, embora isoladas, no sentido de conseguir uma maior eficiência no consumo de energia;
- Existe, na Força Aérea, a vontade de continuar a melhorar o desempenho energético das infra-estruturas, no entanto esta tem sido condicionada, pelos reduzidos orçamentos e pelas necessidades de sustentação de sistemas já existentes;
- Não existe na Força Aérea, uma estrutura orgânica definida para a gestão integrada de energia, assim como não foi possível encontrar quaisquer normas ou regulamentos com linhas orientadoras, políticas, responsabilidades e autoridade para a gestão integrada;

- O consumo total de energia eléctrica na Força Aérea, tem vindo a aumentar como resultado das melhores condições de iluminação e AVAC das suas infra-estruturas;
- O valor dispendido em energia eléctrica representa já 1.15% do orçamento anual da Força Aérea;
- O consumo de energia eléctrica no complexo de edifícios de Alfragide teve entre os anos de 2000 e 2001 e entre os anos de 2003 e 2004, um decréscimo;
- A diminuição, apresentada anteriormente, foi resultado de alterações físicas introduzidas nas infra-estruturas nesses anos;
- Não existe, na Força Aérea, nenhuma infra-estrutura que disponha de equipamentos de controlo individualizado de consumos;
- A situação descrita anteriormente impossibilita a gestão eficiente dos consumos, ou seja, é inviável detectar anomalias e ou desperdícios e efectuar correcções de uma forma atempada;
- A análise de consumos de energia eléctrica, na Força Aérea, não responde às necessidades actuais, em matéria de eficiência de desempenho energético, pois apenas controla consumos finais e não fluxos contínuos;
- A implantação de um SIGE conduz a melhoria significativas do desempenho energético de uma infra-estrutura;
- Conseguem-se ganhos com a utilização de um SIGE, na ordem dos 50%, quer em iluminação, quer em aquecimento;
- Para um bom desempenho de um SIGE, é necessário a existência de uma estrutura organizacional definida;
- A estrutura atrás referida deve ter dois níveis o da gestão e o da execução. Ao nível da gestão, estará o oficial gestor de energia da Força Aérea, que deverá estar colocado ao mais alto nível da organização, e ao nível da execução estarão os oficiais de estado-maior e os oficiais de gestão de energia das Unidades;
- Um SIGE tem como várias vantagens, nomeadamente:
 - Cria ou aumenta a interacção entre os vários sistemas existentes;
 - Realiza acções coordenadas;
 - Realiza acções mais rapidamente;
 - Permite que as decisões possam ser correlacionadas e logo optimizadas;

- O acesso a todo o sistema pode ser realizado apenas num ponto, o que torna o sistema mais flexível e eficiente;
 - Aumenta a produtividade, pois as condições de trabalho estão, sempre mais adequadas à realização das tarefas;
 - As acções de manutenção são simplificadas, pois o controlo é centralizado;
 - Torna mais eficiente o aproveitamento dos recursos existentes.
- Um SIGE tem como principais desvantagens:
 - O não aproveitamento de todas as potencialidades do sistema;
 - Problemas de inter operacionalidade entre sistemas, principalmente em sistemas que não são construídos na sua totalidade pelo mesmo fabricante, e que são adaptados e interligados posteriormente.
- Um SIGE deve assentar no conceito de melhoria contínua e a sua implantação passa por diversas fases:
 - Definição da política energética;
 - Planeamento;
 - Plano de acção;
 - Implantação e execução;
 - Verificação e acção;
 - Análise de gestão.
- É necessário haver uma dotação de meios humanos, financeiros e materiais para uma completa concretização de um SIGE;
- Não existe consciência, da problemática da utilização/gestão eficiente de energia em grande parte do pessoal da Força Aérea.

As conclusões apresentadas anteriormente e a orientação seguida neste trabalho de investigação, conduziram à validação das três hipóteses apresentadas no início,

- O consumo de energia nas infra-estruturas da Força Aérea, não tem um controlo centralizado;
- A energia eléctrica nas infra-estruturas da Força Aérea é consumida de forma pouco eficiente;
- A utilização de um SIGE, pode reduzir os consumos energéticos nas infra-estruturas da Força Aérea, tornando-o mais eficiente.

A resposta à questão de partida “Será rentável a instalação de Sistemas Inteligentes de Gestão de Energia na Força Aérea?”, revelou-se afirmativa. De facto, sem mecanismos como os SIGE, torna-se impossível conseguir obter um controlo eficiente dos consumos de electricidade nas diversas infra-estruturas da Força Aérea.

Para a sua implantação foi desenvolvido, no decorrer deste trabalho de investigação, um modelo conceptual através do qual procurámos responder à questão derivada “Qual a melhor estrutura para controlar a implantação e gerir um SIGE?”, identificando quais as fases que devem ser realizadas para conseguir um controlo eficiente dos consumos de energia.

Contributos do trabalho de investigação para o conhecimento

Com a realização deste trabalho de investigação, julgamos ter contribuído para o aumento de conhecimentos na área da Gestão Inteligente de Energia, quais as suas vantagens e desvantagens que um SIGE, pode oferecer para a Força Aérea.

Recomendações

Após a análise da problemática da utilização de energia, da apresentação do SIGE e da construção de um modelo conceptual, importa apontar algumas recomendações:

- Definir metas e objectivos energéticos, mensuráveis e com prazos de concretização;
- Definir uma estrutura de gestão de energia com as seguintes características:
 - Estrutura funcional com dois níveis:
 - Um gestor de energia, ao mais alto nível da organização;
 - Um nível de execução com, duas áreas:
 - Execução de novos projectos, avaliação e gestão de projectos já existentes;
 - Controlo de SIGE instalados nas Unidades por elementos ligados à área da qualidade e ambiente.
- Estabelecer um plano de acção, assim como acompanhar a implantação e acção do SIGE;
- Realizar análise de gestão e reavaliar a política (objectivos, metas, etc.) da organização, procurando a melhoria contínua;

- Realizar acções de formação e sensibilização sobre eficiência energética a todos os militares da Força Aérea.

A execução das medidas recomendadas, ou seja, a correcta implantação de um SIGE, colocará a Força Aérea no pelotão da frente no que diz respeito à gestão eficiente de energia e contribuirá para o crescimento sustentado de Portugal.

Bibliografia**Livros:**

- DGE. (2005). Factura Energética Nacional;
- FERREIRA, João, FERREIRA, Teresa (1994). *Economia e Gestão de energia*. Texto Editora;
- GIRARDET, Herbert (2005). *Criar cidades sustentáveis*. Edições sempre em pé;
- KLEINBACH, Roger (2002). *Energia e Meio ambiente*. Edições Thomson;
- MOSS, Keith J (1997). *Energy Management and Operating Cost in Buildings*. Copyright Material 1ª ed;
- PINTO, Abel (2005). *Sistemas de Gestão ambiental*. Edições SILABO;
- QUIVY, Raymond, CAMPENHOUDT, Luc (2005). *Manual de Investigação em Ciências sociais*. Edições GRADIVA;
- RAMOS, Joaquim, (2007). *Seminários Desenvolvimento sustentável e inovação*. Edições IST PRESS;
- União Europeia (2005). Livro Verde da Comissão Europeia – Eficiência energética, como fazer mais por menos. 22 de Junho de 2005;
- União Europeia (2006). Livro Verde da Comissão Europeia – Estratégia Europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura. 8 de Março de 2006;

Trabalhos:

- GONÇALVES, Paulo Jorge (2005). *Racionalização dos consumos de Energia*. CGGA 05/06: IAEFA;
- HENRIQUES, João José (2007). *Gestão de Energia em Unidades da Força Aérea*. CPOS 06/07: IESM;

Sítios da Internet:

- www.appelcom.com [acedido durante mês de Dezembro de 2007]
- www.dgge.pt [acedido durante mês de Fevereiro de 2008]
- www.eea.europa.eu [acedido durante mês de Janeiro de 2008]
- www.honeywell.com [acedido durante mês de Dezembro de 2007]
- www.inesc.pt [acedido durante mês de Dezembro de 2007]
- www.johnsoncontrols.com [acedido durante mês de Dezembro de 2007]

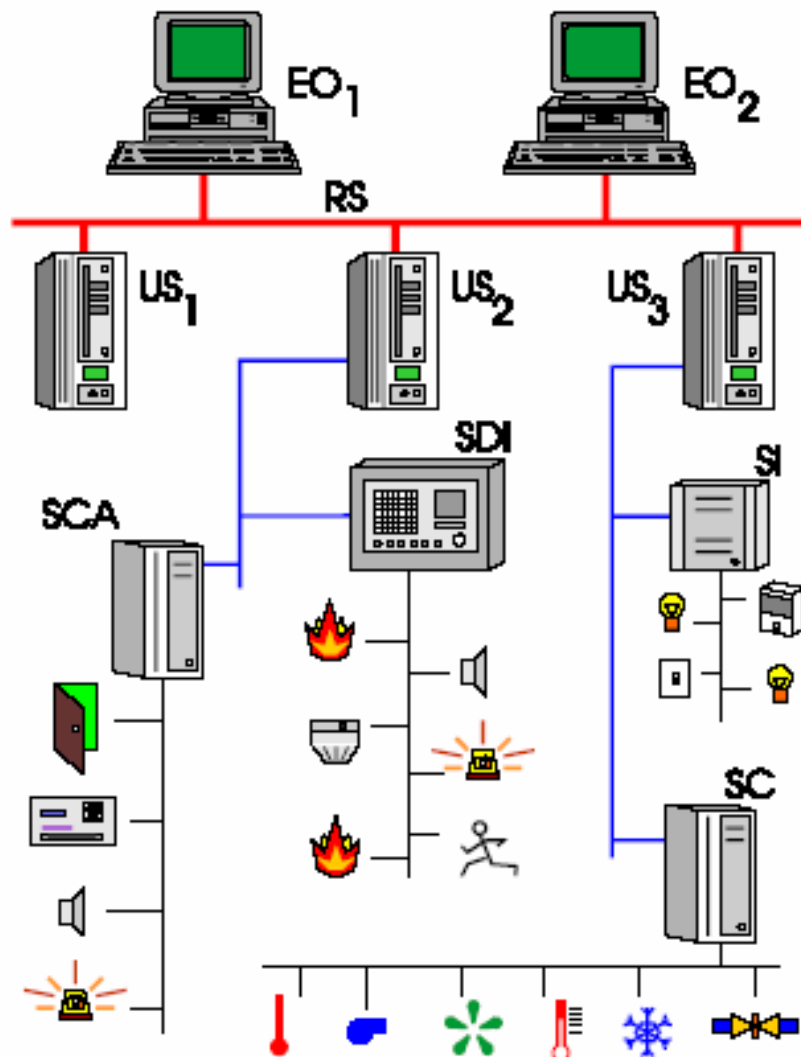
- www.knx.org [acedido durante mês de Janeiro de 2008]
- www.min-economia.pt [acedido durante mês de Janeiro de 2008]
- www.pubindustria.pt/domotica [acedido durante mês de Dezembro de 2007]

Legislação:

- Estratégia Nacional para a energia – Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, *Diário da República nº 205, I Série-B, de 24 de Outubro*
- Decreto-Lei 78/2006 de 04 Abril (Sistema de certificação dos edifícios) *Diário da República nº 67, I Série-A*
- Decreto-Lei 79/2006 de 04 Abril (RSECE) *Diário da República nº 67, I Série-A*
- Decreto-Lei 80/2006 de 04 Abril (RCCTE) *Diário da República nº 67, I Série-A*

Entrevistas:

- Tópico de entrevista: Importância da gestão eficiente de energia. Tcor Jacob CLFA/DE. Alfragide 12 de Janeiro de 2008;
- Tópico de entrevista: Tecnologia de SIGE existente em Portugal. Engenheiro Electrotécnico HAGER. Lisboa 19 de Dezembro de 2007;

ANEXO A – Sistema Metasys²⁵**Legenda:**

EO - Estação de Operador

US - Unidade de Supervisão

SDI - Sistema de Detecção de Incêndio

SC - Sistema de Climatização (AVAC)

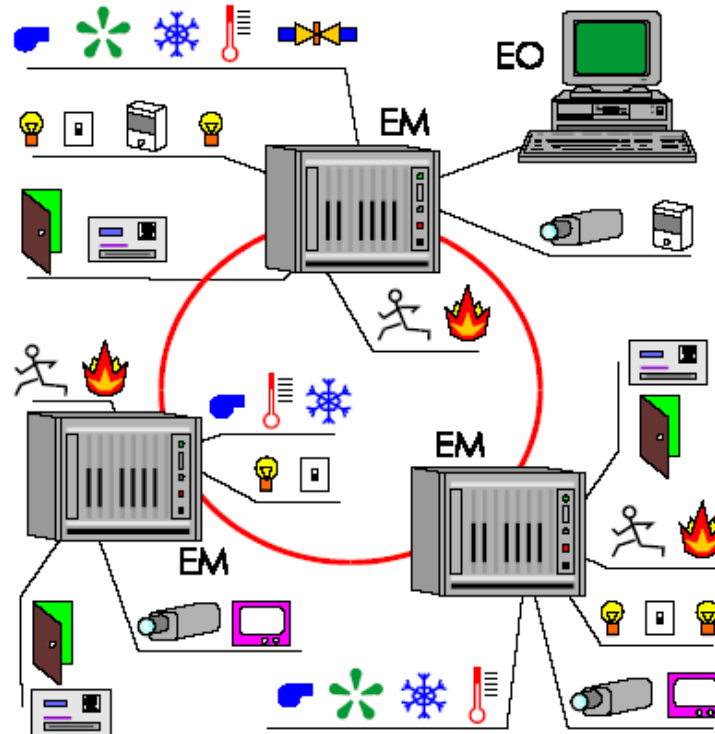
RS - Rede de Supervisão

SCA - Sistema de Controle de Acessos

SI - Sistema de Iluminação

Nota: Os restantes símbolos correspondem a equipamentos periféricos com funções específicas e respectivos sensores e actuadores.

²⁵ www.johnsoncontrols.com

ANEXO B – Sistema AppelNet²⁶

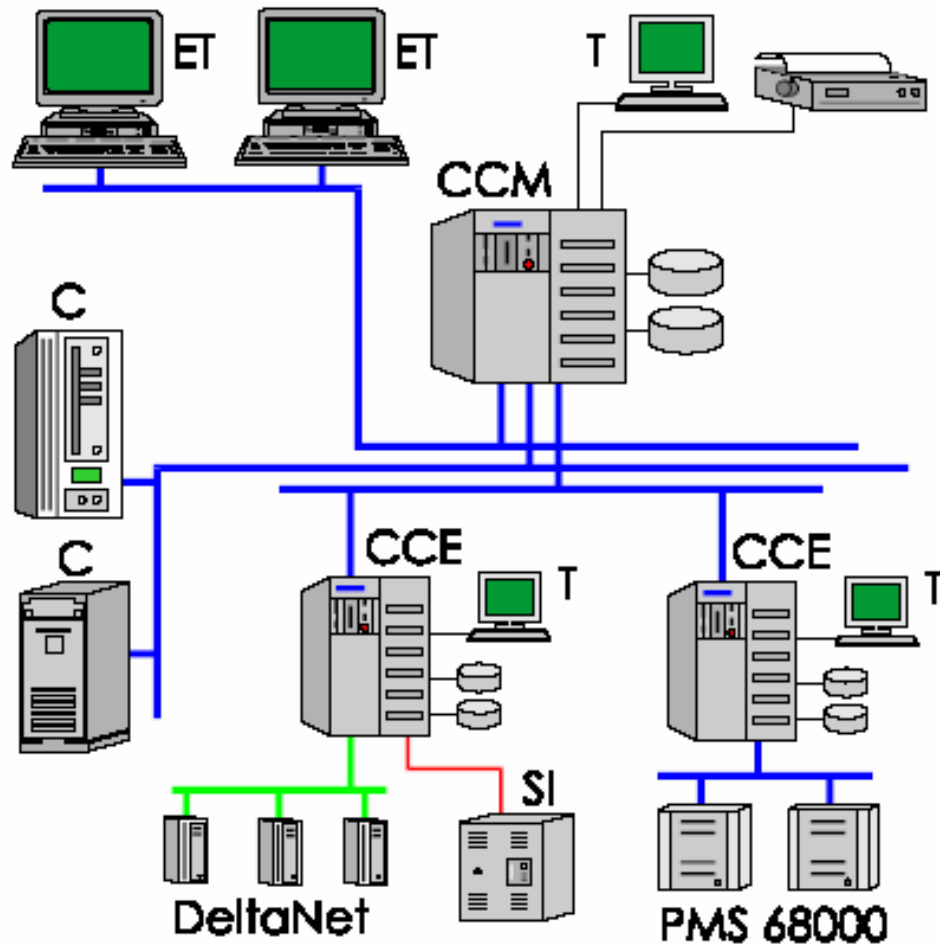
Legenda:

EO - Estação de Operador

EM - Equipamento Multiserviço

Nota: Os restantes símbolos correspondem a equipamentos periféricos com funções específicas e respectivos sensores e actuadores.

²⁶ www.appelcom.com

ANEXO C – Sistema Delta XO Plus²⁷

Legenda:

CCM - Computador Central Mestre

CCE - Computador Central Escravo

ET - Estação de Trabalho (gráfica)

T - Terminal (alfanumérico)

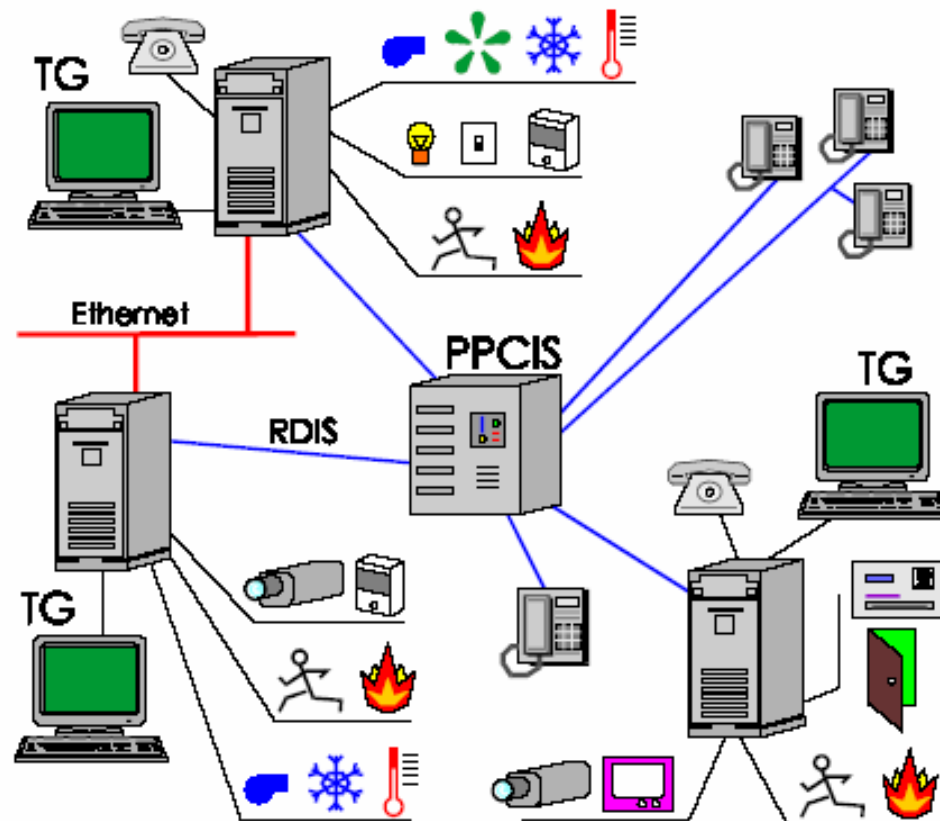
C - Computador (usado em tarefas específicas)

DeltaNet - Sistema da Honeywell (controlo de AVAC, por exemplo)

PMS 68000 - Sistema da Philips (controlo de geradores, por exemplo)

SI - Sistema de Iluminação

²⁷ www.honeywell.com

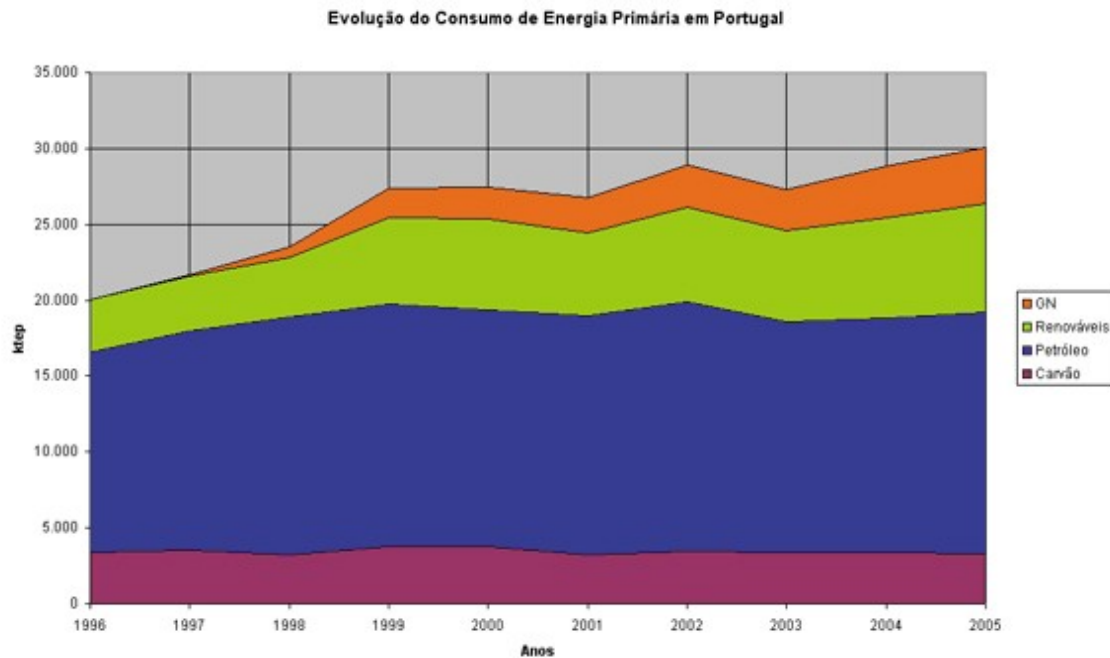
ANEXO D – Sistema SEIS²⁸

Legenda:

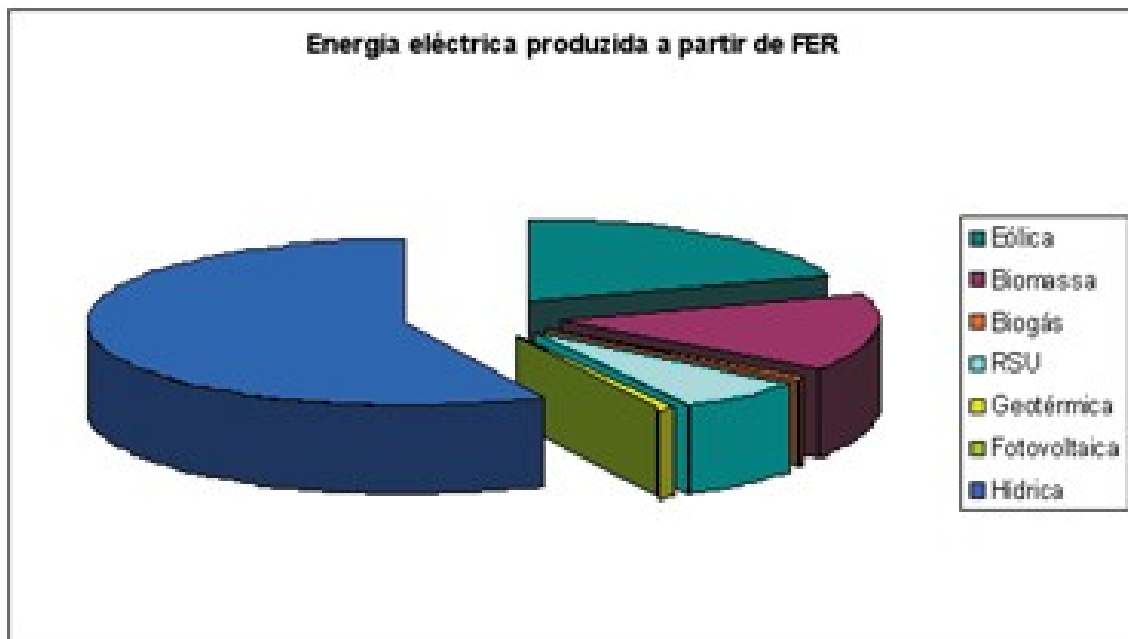
TG - Terminal Gráfico

PPCIS - Posto Privado de Comutação com Integração de Serviços⁷

²⁸ www.inesc.pt

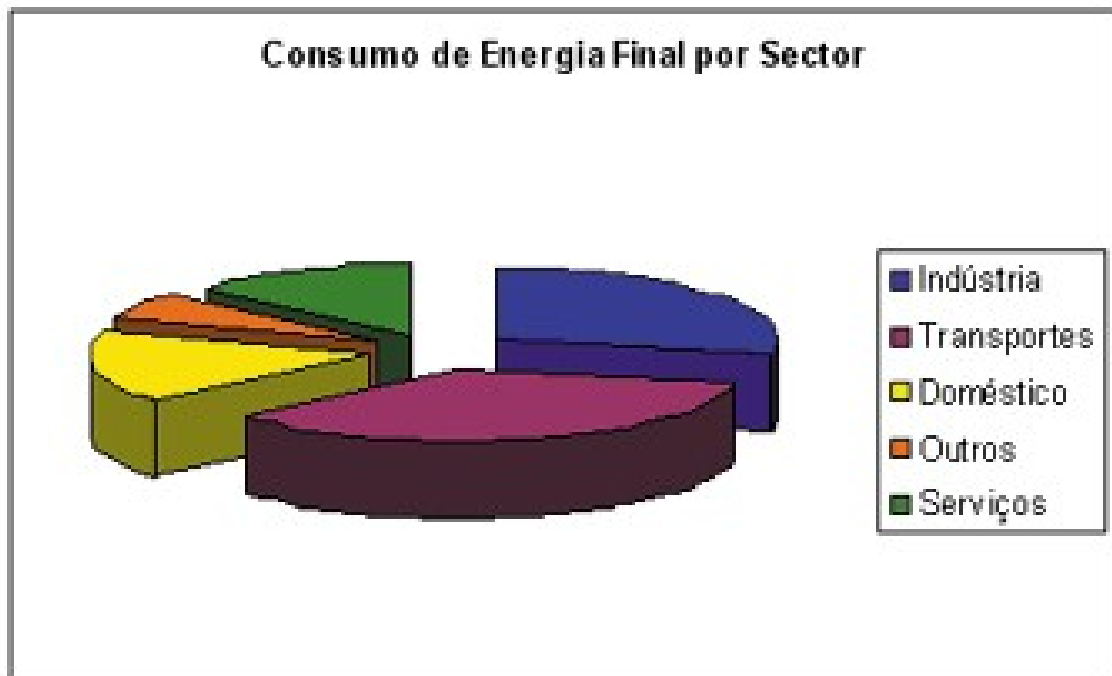
ANEXO E – Dados sobre Energia em Portugal²⁹

Evolução do consumo de energia primária em Portugal

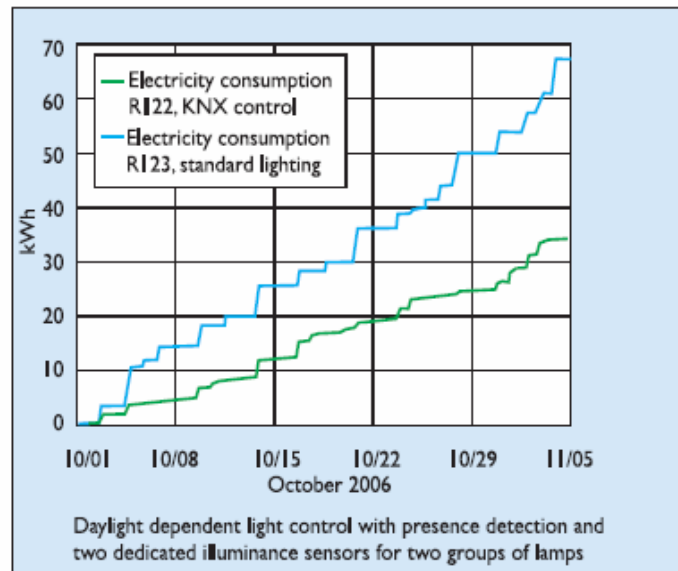


Energia eléctrica produzida a partir de FER

²⁹ Direcção Geral de Energia e Geologia – Caracterização energética Nacional

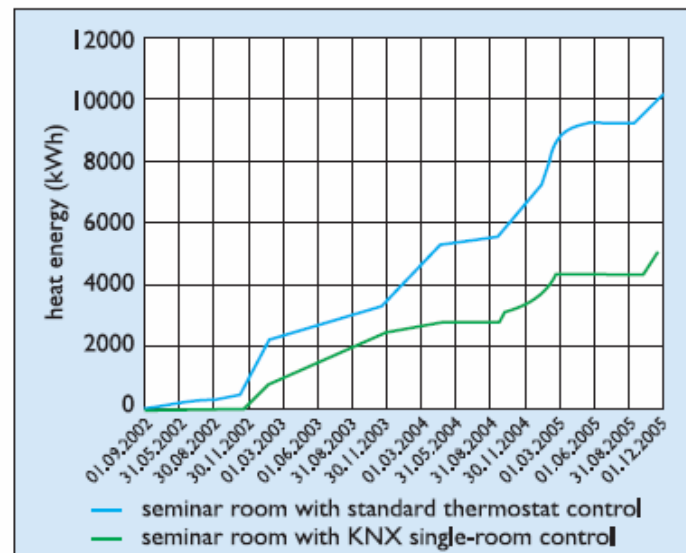


Consumo de energia por sector em 2005

ANEXO F – Dados sobre Poupança Energética³⁰

Vergleich Elektrizitätsbedarf / Comparison of electricity demand

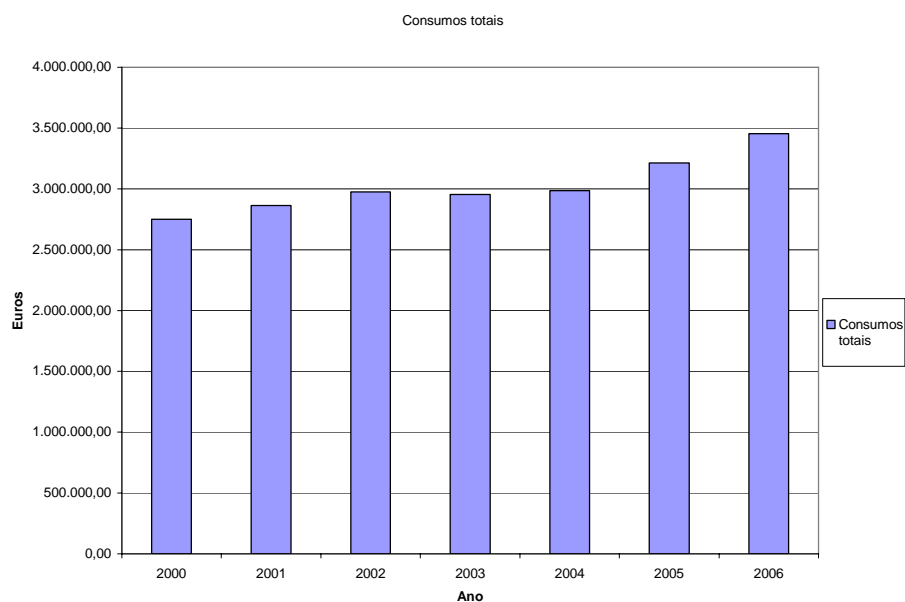
Comparação de consumos de energia, em iluminação, entre os dois sistemas



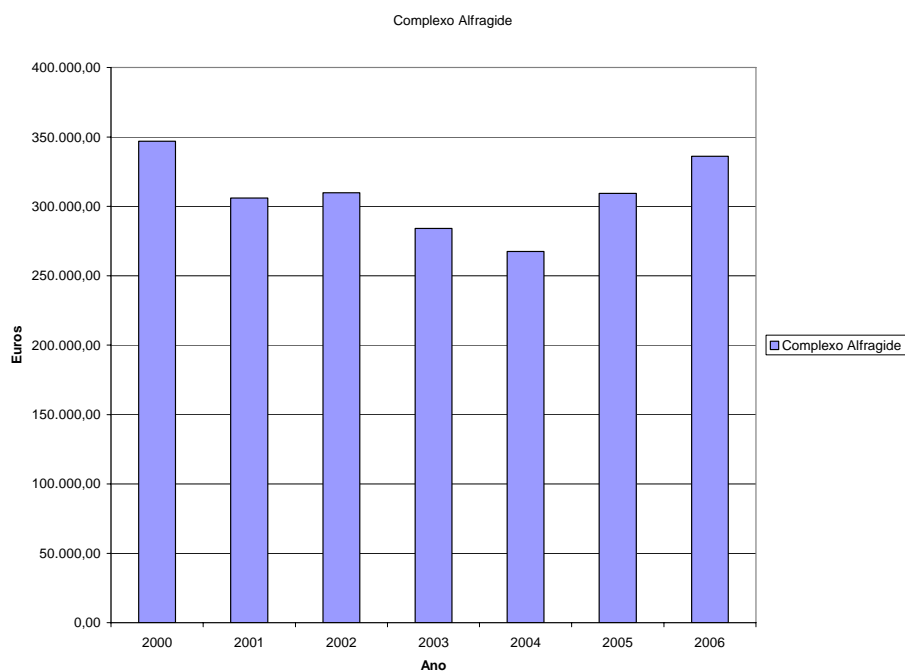
Heiz-Energieverbrauch / Heating energy consumption

Comparação de consumos de energia, em aquecimento, entre os dois sistemas

³⁰ KNX journal1 – 2007

ANEXO G – Dados sobre Consumos de Electricidade³¹

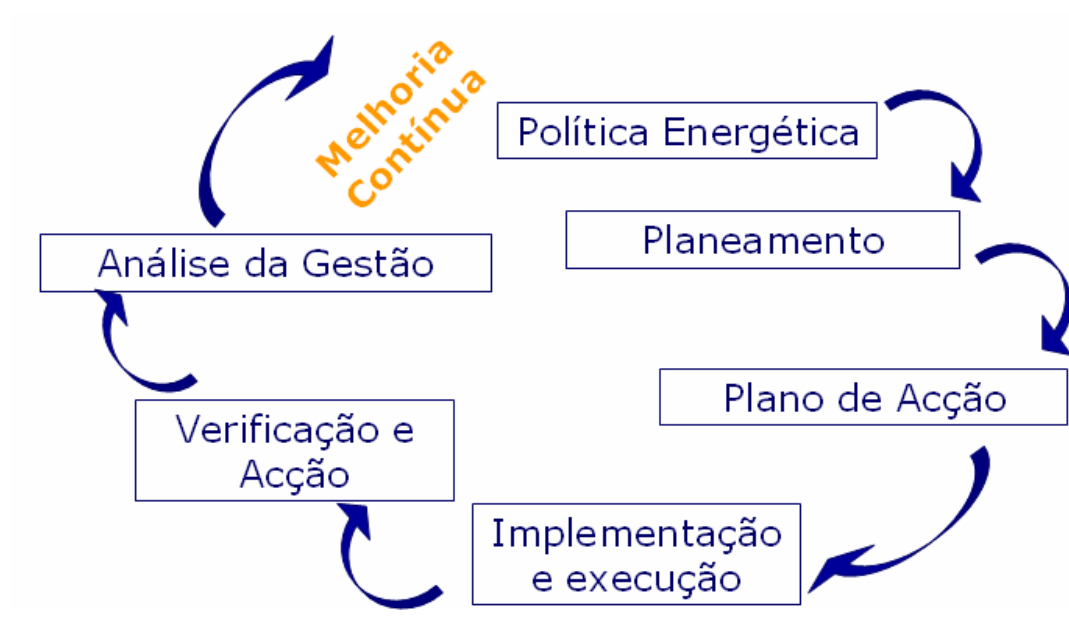
Consumos de electricidade, em Euros, na Força Aérea



Consumos de electricidade, em Euros, no complexo de edifícios de Alfragide

³¹ Dados fornecidos pela Direcção de Electrotecnia

ANEXO H – Modelo Conceptual



Esquema do modelo conceptual